

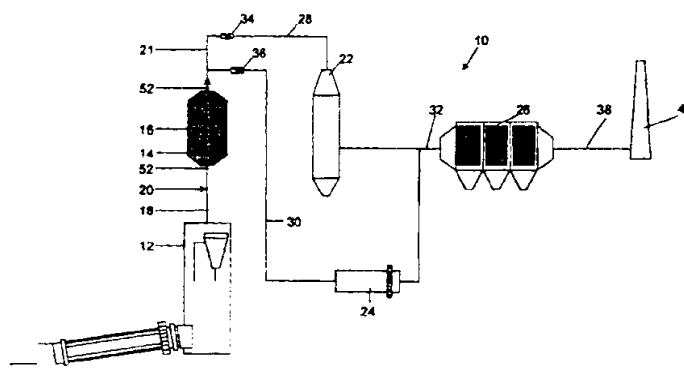
**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>B01D 53/86</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/09112</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. März 1997 (13.03.97)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH96/00266</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Juli 1996 (24.07.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2555/95-9                      8. September 1995 (08.09.95)      CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ELEX AG [CH/CH]; Eschenstrasse 6, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEIBACHER, Ulrich [CH/CH]; Ringwil, CH-8340 Hinwil (CH). ECKERT, Walter [CH/CH]; Alte Bahnhofstrasse 26, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(74) Anwalt: BREITER + WIEDMER AG; Seuzachstrasse 2, Postfach 366, CH-8413 Neftenbach (CH).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH96/00266</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Juli 1996 (24.07.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2555/95-9                      8. September 1995 (08.09.95)      CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ELEX AG [CH/CH]; Eschenstrasse 6, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEIBACHER, Ulrich [CH/CH]; Ringwil, CH-8340 Hinwil (CH). ECKERT, Walter [CH/CH]; Alte Bahnhofstrasse 26, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(74) Anwalt: BREITER + WIEDMER AG; Seuzachstrasse 2, Postfach 366, CH-8413 Neftenbach (CH).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH96/00266</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Juli 1996 (24.07.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 2555/95-9                      8. September 1995 (08.09.95)      CH</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ELEX AG [CH/CH]; Eschenstrasse 6, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEIBACHER, Ulrich [CH/CH]; Ringwil, CH-8340 Hinwil (CH). ECKERT, Walter [CH/CH]; Alte Bahnhofstrasse 26, CH-8603 Schwerzenbach (CH).</p> <p>(74) Anwalt: BREITER + WIEDMER AG; Seuzachstrasse 2, Postfach 366, CH-8413 Neftenbach (CH).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>			

(54) Title: FLUE-GAS CLEANING INSTALLATION

(54) Bezeichnung: RAUCHGASREINIGUNGSANLAGE



**(57) Abstract**

The installation (10) proposed in intended for the cleaning of flue gases from an oven (12), particularly a revolving cylindrical cement kiln. It includes at least one reduction catalyst (14) for gaseous pollutants and a dust collector. The reduction catalyst (14), together with a reagent-injection point on the input side of the catalyst, is located immediately after the oven (12), i.e. before the dust collector. In preferred embodiments, the reduction catalyst (14) has a basic honeycomb structure with wide gas-circulation channels (66) and/or the honeycombs are screened off upstream by at least one screen. Gaseous pollutants removed by the system are, in particular, NO<sub>x</sub>, CO and hydrocarbons.

#### (57) Zusammenfassung

Die Anlage (10) dient der Reinigung der Rauchgase eines Ofens (12), insbesondere eines Zement-Drehrohrofens. Sie umfasst wenigstens einen Reduktionskatalysator (14) für gasförmige Schadstoffkomponenten und einen Staubabscheider. Der Reduktionskatalysator (14) mit eingangsseitiger Reaktionsmitteleindüsung (20) ist unmittelbar nach dem Ofen (12), also vor der Entstaubung, angeordnet. Nach bevorzugten Ausführungsformen weist der mit einem wabenförmigen Grundmuster ausgebildete Reduktionskatalysator (14) vergrößerte Durchflusskanäle (66) auf und/oder die Wandquerschnitte der Waben des Reduktionskatalysators (14) sind stromauf durch wenigstens eine Schablone abgeschirmt. Gasförmige Schadstoffkomponenten sind insbesondere NO<sub>x</sub>, CO und Kohlenwasserstoffe.

#### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

### Rauchgasreinigungsanlage

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Anlage zur Reinigung der Rauchgase eines Ofens, insbesondere eines Zement-Drehrohr-  
ofens, welche wenigstens einen Reduktionskatalysator für  
gasförmige Schadstoffkomponenten und einen Staubabscheider  
umfasst.
- 10 Industrieofenanlagen, welche z.B. in der Zementindustrie  
eingesetzt werden, stellen bezüglich der Gasreinigung immer  
ein besonderes Problem dar. Problematisch sind neben der  
hohen Abgastemperatur von beispielsweise 250 - 400°C auch  
15 die durch die Bauart des Wärmetauschers sowie die ablaufen-  
den Kreisprozesse beeinflusste Staubstruktur. Es entstehen  
Abgase, welche staub- und gasförmige Schadstoffe enthalten.  
Die festen Bestandteile werden seit Jahrzehnten mit zuneh-  
menden Wirkungsgraden abgeschieden. In bezug auf gasförmige  
20 Bestandteile hat die Rauchgasreinigung erst in jüngerer Zeit  
einen Stand erreicht, der als umweltverträglich bezeichnet  
werden kann. Bei der Verbrennung entstehen neben CO und Koh-  
lenwasserstoffen insbesondere auch zu entfernende Stick-  
oxid-Verbindungen, welche als  $\text{NO}_x$  bezeichnet werden. Unter  
25 besonderen Randbedingungen, insbesondere bei starker Son-  
neneinstrahlung und bei hoher Konzentration von Kohlenwas-  
serstoff-Verbindungen in der Umgebung, kann innerhalb von  
Stunden ein dem Stickoxidgehalt zuzuschreibender Ozonüber-  
schuss erzeugt werden, welcher die Toleranzgrenzen über-  
30 schreitet. Weiter tragen die Stickoxide zu einer Säurebil-  
dung in der Atmosphäre bei, weil ein Teil des  $\text{NO}_2$  in Salpeter-  
säure überführt wird.
- Als technisch ausgereiftes Verfahren steht die katalytische  
35 Entstickung, insbesondere mit einem selektiv wirkenden Re-  
duktionskatalysator (SCR), zur Verfügung. Dabei wird nach  
dem bekannten Stand der Technik z.B. Ammoniak in den Rauch-

gasstrom eingedüst, was bewirkt, dass sich auf der Katalysatoroberfläche die im Rauchgas enthaltenen Stickoxide in Stickstoff und Wasser umwandeln.

5 Die EP, A1 0519225 beschreibt eine industrielle Ofenanlage mit einer ersten Filterstufe zur Entstaubung der zu reinigenden Abgase. In wenigstens einer weiteren Filterstufe werden die entstaubten Abgase bei wenigstens teilweiser  $\text{NO}_x$ -Reduzierung, unter Verwendung eines kohlenstoffhaltigen Filtermediums, von den enthaltenenen  $\text{NH}_x$ -Verbindungen und/oder flüchtigen Schadstoffelementen und -verbindungen gereinigt. Der in der ersten Filterstufe abgeschiedene Filterstaub wird aufgearbeitet und der Wiederverwendung zugeführt.

15

In der DE, A1 3601917 wird ein Verfahren für die Rauchgasreinigung, insbesondere der Rauchgase von Abfallverbrennungsanlagen von Stick- und Schwefeloxiden, Kohlenwasserstoffen, Dioxinen und Stäuben offenbart. Die Rauchgase der Verbrennungsanlage werden über eine Nachbrennkammer mit Primär- und Sekundärstaubfilter zu einem sogenannten DENOX-Katalysator geführt, einem ersten Reduktionskatalysator, in welchem die Stickoxide sowie ggf. auch die Schwefeloxide zu elementarem Stickstoff bzw. Schwefel reduziert werden. In einer Kette von weiteren Aggregaten wird das gereinigte Rauchgas einem Kamin zugeführt.

Als Elektrofilter ausgebildete Staubabscheider werden beispielsweise in der Zeitschrift Zement-Kalk-Gips (ZKG International) Jahrgang 35 (1982) Heft 10, Seiten 509 bis 518 beschrieben. Das Schwerkgewicht wird dabei auf die Entstaubung, insbesondere auf die Konditionierung der staubförmigen Partikel mit Wasser vor dem Einleiten in einen Elektrofilter dargelegt. Anstelle eines Elektrofilters können zur Entstaubung auch filternde Abscheider, beispielsweise Schlauchfilter, eingesetzt werden. Das entstaubte Rauchgas kann dann zur Entfernung der gasförmigen Schadstoffe wenig-

stens einem Reduktionskatalysator zugeführt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anlage zur Reinigung der Abgase eines Ofens der eingangs genannten Art zu schaffen, welche insbesondere in der Zementindustrie mit hohem Wirkungsgrad des Katalysators einsetzbar ist, praktisch wartungsfrei arbeitet und die Schadstoffe in einem Arbeitsgang ohne Anfall von Reststoffen beseitigt. Spezielle und weiterbildende Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von abhängigen Patentansprüchen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Reduktionskatalysator mit eingangsseitiger Reaktionsmitteleindüsung unmittelbar nach dem Ofen, also vor der Entstaubung, angeordnet ist.

Nach bekannten andern Ausführungsformen einer Rauchgasreinigungsanlage mit einem Ofen gemäss vorliegender Erfindung, wird das Rohgas vorerst entstaubt und erst anschliessend einem Reduktionskatalysator zugeführt. Dieser reduziert z.B. Stickoxid-Verbindungen, CO und Kohlenwasserstoffe.

In der industriellen Praxis sind ausser dem Reduktionskatalysator und dem bevorzugt als Elektrofilter oder Schlauchfilter ausgebildeten Staubabscheider zweckmässig weitere Aggregate eingebaut:

- In einem Verdampfungskühler an sich bekannter Bauart werden die staubförmigen Partikel mit Wasser konditioniert und abgekühlt, damit im Staubabscheider optimale Abscheidebedingungen entstehen, oder beim Einsatz eines Schlauchfilters die für das Filtermaterial einzuhaltende Höchsttemperatur nicht überschritten wird. In einer für die Zementindustrie bestimmten Anlage kann der aus dem Reduktionskatalysator austretende Rauchgasstrom wenigstens teilweise über eine Rohmehlmühle geführt werden.

- Weiter kann ein Oxidationskatalysator ebenfalls an sich bekannter Bauart eingesetzt sein.
- Das aus dem Elektrofilter austretende Reingas wird wie  
5 üblich über einen Kamin oder dgl. an die Atmosphäre abgelassen.

Wie erwähnt ist jedoch nur die unmittelbar an den Ofen anschliessende Anordnung des Reduktionskatalysators erfindungswesentlich.  
10

Der Reduktionskatalysator ist von wabenförmigem Grundmuster. Er hat längslaufende, von Trennwänden gebildete Durchflusskanäle von beispielsweise quadratischem, rechteckigem, rundem, dreieckigem oder sechseckigem Querschnitt. Die  
15 Querschnittsformen sind an sich beliebig, jedoch zweckmässig von regelmässiger Form. Bekannte Reduktionskatalysatoren haben Durchflusskanäle mit einer minimalen linearen Dimension von 3 bis 4 mm. Unter der linearen Dimension wird z.B.  
20 bei Quadraten und Rechtecken die Seitenlänge, bei runden Querschnitten der Durchmesser, bei hexagonalen Querschnitten der Abstand der Seitenflächen verstanden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung liegen  
25 die minimalen linearen Dimensionen der Kanalquerschnitte bei wenigstens 5 mm, vorzugsweise bei wenigstens etwa 10 mm, insbesondere bei 15 bis 20 mm. Die Wandstärken sind entsprechend den mechanischen Anforderungen ausgebildet, sie liegen bei einem oder wenigen Millimetern.

30 In der industriellen Praxis ist der Reduktionskatalysator bzw. dessen Katalysatorträger zweckmässig modular aufgebaut. Dies ergibt einen einfachen Aufbau und ein leichtes Auswechseln von allenfalls defekten Katalysatorteilen.

35 Bevorzugt umfasst der Reduktionskatalysator nicht nur eine einzige, sondern mehrere nacheinander angeordnete Waben-

lagen, insbesondere drei bis fünf. Diese liegen zweckmässig nicht unmittelbar aufeinander, sondern sind in Abstand angeordnet, damit sich das Rauchgas neu durchmischen kann. Der Zwischenraum kann beispielsweise etwa der Länge der Durchflusskanäle in den Waben entsprechen. Je nach den zu reduzierenden Schadstoffkomponenten umfassen die Wabenlagen das gleiche oder verschiedene Katalysatormaterialien.

Der Katalysatorträger besteht vorzugsweise aus wenigstens oberflächlich porösem Katalysatormaterial. In die offenen Poren und/oder Mikroporen ist ein katalytisch wirksames Material integriert, welches die Reaktionstemperatur wesentlich herabsetzt und so den Prozess beschleunigt.

In an sich bekannter Weise besteht das katalytisch wirksame Material des Reduktionskatalysators bevorzugt aus aktiven Metalloxiden, welche selektiv reduzierend wirksam sind. Als besonders geeignet hat sich Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) als keramisches Trägermaterial mit Vanadiumpentoxid ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) als aktive Hauptkomponente erwiesen, welche weitere Komponenten enthalten kann, beispielsweise Wolframoxid. Weitere katalytisch aktive Substanzen basieren beispielsweise auf Eisenoxid, gemischt mit weiteren Metalloxiden.

In bekannten gattungsgemässen Anlagen ist es üblich, die wenigstens teilweise entstaubten Rauchgase horizontal oder von oben in die Durchflusskanäle des Reduktionskatalysators zu leiten. Insbesondere bei der etwa vertikalen Einleitung von oben bilden sich auf den Trennwänden des Katalysators keilförmige Staubablagerungen, welche vom Abluftstrom stossweise mitgerissen werden und so zu Verstopfungen im Katalysator führen können.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Durchflusskanäle des Reduktionskatalysators stark geneigt bis senkrecht angeordnet, wobei Mittel vorgesehen sind, welche zum Anströmen von unten führen. Die-

se Mittel können beispielsweise Umlenkbleche sein. Vorzugsweise ist der Reduktionskatalysator direkt neben dem Ofen angeordnet, mit einer Umlenkung und einem etwa vertikalen Zuflussrohr.

5

Nach dieser bevorzugten Ausführungsform können sich keine Staubkeile oder dgl. anlagern und stossförmig mitgerissen werden, die Staubchargen bleiben gleichmässig verteilt.

- 10 An den Wänden der Durchflusskanäle in den Waben des Reduktionskatalysators lagern sich nur geringe Staubmengen ab. Diese werden vorzugsweise regelmässig durch Druckluftreinigung ausgeblasen und führen zu keinen für den Katalysator in seinem Normalbetrieb störenden Einwirkungen. Je nach der
- 15 Grösse der Anlage und Staubchargierung kann das Ausblasen mit Druckluft manuell oder durch programmgesteuert wandernde Düsenleisten oder dgl. erfolgen.

- 20 Die Durchflusskanäle des Reduktionskatalysators sind, wenn sie nicht in der bevorzugten, etwa vertikalen Richtung verlaufen, bei einem optimalen Betrieb bis höchstens etwa 45° geneigt.

- 25 Nach einer weiterbildenden Ausführungsform der Erfindung sind die Wandquerschnitte der Waben des Reduktionskatalysators stromauf durch wenigstens eine etwa deckungsgleiche Schablone abgeschirmt.

- 30 Diese Schablone liegt vorzugsweise nicht direkt auf der schlagempfindlichen Wabenstruktur auf, sondern hat einen geringen Abstand davon. Die Schablone besteht aus klopf- und temperaturfestem Material, welches auch nicht korrosionsanfällig ist. Eine Staubabscheidung oder gar die Bildung der vorerwähnten Keile kann verhindert werden, indem die Schablone
- 35 regelmässig beklopft, gerüttelt oder vibriert wird. Dies erfolgt manuell oder durch die Anordnung eines entsprechenden, vorzugsweise programmgesteuerten Mechanismus.



Nach einer ersten Variante hat eine einzige Schablone einen geringen Abstand von den Waben, beispielsweise einige Millimeter. Nach weiteren Varianten sind mehrere Schablonen angeordnet, sie haben einen Abstand von mehreren Zentimetern oder Dezimetern, bezüglich der Durchflussöffnungen können sie auch versetzt sein.

Die Abschirmschablonen bestehen bevorzugt aus einem entsprechend der Wabenstruktur perforierten, korrosionsfesten Metallblech. Kunststoffplatten können in der Regel die Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit nicht erfüllen.

Die Perforation in den Schablonen entspricht insbesondere bezüglich des Rasters zweckmässig der Wabenstruktur, sie kann jedoch auch davon abweichen.

Mit der erfindungsgemässen Anordnung des Reduktionskatalysators unmittelbar nach einer Industrieofenanlage, insbesondere nach einem Zement-Drehrohrofen, kann dieser dank der hohen Abgastemperatur im Bereich von 250 bis 400°C sicher betrieben werden. Die Rauchgastemperatur ist für eine katalytische Entstickung ohne Verwendung von Fremdenergie optimal. Die im Abgas vorhandenen Schwefelverbindungen dagegen reagieren in diesem Temperaturbereich nicht, was Verstopfungen im Katalysator und die Beeinträchtigung von nachfolgenden Einrichtungen im Rauchgasweg verhindert.

Die Vorteile bezüglich der stromauf angeordneten Schablone/n, des vergrösserten Querschnitts des Durchflusskanals der Waben und/oder das Anströmen des Reduktionskanals von unten ergeben sich auch in Anlagen mit anderen als Zement-Drehrohrofen, beispielsweise Öfen für die Entsorgung von Siedlungs- und Industrieabfällen aller Art.

Die Erfindung wird anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele, welche auch Gegenstand von abhängigen

Patentansprüchen sind, näher erläutert. Es zeigen schematisch:

- 5       - Fig. 1       eine Anlage zur Reinigung des Rauchgases eines Zement-Drehrohrofens,
- Fig. 2       ein Schema der Entstickungsreaktion,
- Fig. 3       ein Modul eines Wabenkatalysators,
- 10       - Fig. 4       eine vergrösserte Ansicht eines mit einer Schablone abgedeckten Durchflusskanals des Wabenkanals gemäss Fig. 3, und
- Fig. 5       eine aufgeschnittene Ansicht gemäss Linie V-V in Fig. 4.

15       Eine in Fig. 1 dargestellte Anlage 10 dient der Reinigung der Rauchgase eines Ofens 12, im vorliegenden Fall eines Zement-Drehrohrofens mit Wärmetauscher. Unmittelbar nach dem Ofen 12 ist ein Reduktionskatalysator 14 angeordnet, welcher drei katalytisch wirksame Lagen 16 von modulartigem Aufbau umfasst. Zwei gleiche Lagen dienen der Reduktion von  $\text{NO}_x$ , die 20       unterschiedliche dritte Lage der Reduktion von CO und Kohlenwasserstoffen. Alle drei Lagen umfassen an sich bekannte Katalysatormaterialien. Im Verbindungsrohr 18 vom Ofen 12 zum Reduktionskatalysator 14, auch Rauchgasrohr genannt, mündet eine Reduktionsmittelleitung 20, über welche bei- 25       spielsweise Ammoniak oder Harnstoff eingedüst wird. Zu diesem Zweck sind im Verbindungsrohr 18 nicht sichtbare Düsenlanzen eingelegt, welche das Reduktionsmittel im Rauchgasstrom gleichmässig fein verteilen. Der Reduktionskatalysator 14 ist zweckmässig nicht wie gezeichnet über, sondern 30       neben dem Ofen 12 angeordnet. Das Rauchgas wird auch dann, wie in Fig. 1 dargestellt, von unten in den Reduktionskatalysator 14 geleitet.

35       Die dem Katalysator 14 nachgeschaltete Leitung 21 verzweigt sich in eine Leitung 28 für den Direktbetrieb über einen Verdampfungskühlturm 22 und in eine Leitung 30 für den Mühlenbetrieb mittels einer Rohmehlmühle 24. Vor einem Staubabschei-

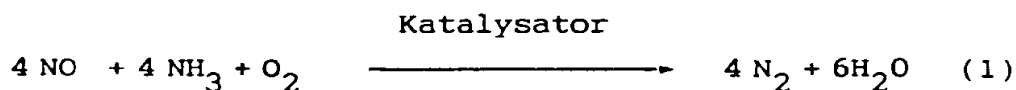
der 26, im vorliegenden Fall ein Elektrofilter, vereinigen sich die beiden Leitungen 28, 30 wieder zu einer gemeinsamen Leitung 32. Der Direktbetrieb und/oder Mühlenbetrieb werden in an sich bekannter Weise mit zwei Stellklappen 34, 36 geregelt. Eine Reingasleitung 38 führt zu einem Kamin 40.

Im Zufluss- und Abflusssutzen des Reduktionskatalysators 14 ist je ein Messfühler 52 für die  $\text{NO}_x$ -Konzentration angeordnet. Diese steuern über eine nicht dargestellte Elektronik eine Dosierpumpe für in einem Tank gelagerte Reduktionsmittel, im vorliegenden Fall eine 25%-ige wässrige Ammoniaklösung, welche über die Reduktionsmittelleitung 20 eingedüst wird.

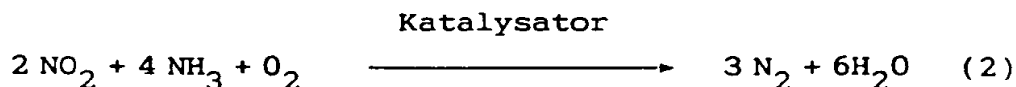
In Fig. 2 ist die Entstickung der Stickgase  $\text{NO}_x$  in einem Reduktionskatalysator 14 schematisch aufgezeichnet.

Das im Rauchgas enthaltene Stickstoffoxid wird in einem sogenannten SCR-Verfahren (Selective Catalytic Reaction) mit Hilfe von Ammoniak reduziert. Dabei entsteht Stickstoff und Wasser. Es fallen keine anderen Stoffe oder Rückstände an. Die dabei ablaufenden chemischen Reaktionen sind in den nachfolgenden Formeln dargestellt:

25



30



Die Entstickung der Rauchgase aus einem Ofen, insbesondere einem Zement-Drehrohrofen, läuft hauptsächlich gemäss Formel 1 ab, da in den Rauchgasen vorallem  $\text{NO}$  und nicht  $\text{NO}_2$  vorhanden ist.

Ein für die Durchführung der Reaktionen (1) und (2) dienender Waben-Katalysator 62 bzw. ein Modul davon ist in Fig. 3 perspektivisch dargestellt. Dieser weist in Richtung des Pfeils 64 verlaufende Durchflusskanäle 66 quadratischen Querschnitts auf. Die Aussen- und Trennwände 68 bestehen aus ke-  
5 ramischem Material, welches wenigstens an der Oberfläche 70 (Fig. 4, 5) mikroporös ausgebildet ist.

Die modularen Wabenkatalysatoren 62 können mit ihren Seiten-  
10 flächen aneinander- und/oder hintereinandergelegt werden, bis die erforderlichen Dimensionen erreicht sind. Mit an sich bekannten Dichtungsmitteln wird ein Schlupf vermieden oder zumindest stark vermindert.

15 Fig. 4 zeigt die Ansicht eines innenliegenden Durchflusskanals 66 mit dem angrenzenden Teil der benachbarten Kanäle. Das Rauchgas 46 strömt in Blickrichtung betrachtet nach hinten. Die lineare Dimension des Querschnitts des Durchflusskanals ist mit  $a$  bezeichnet. Im vorliegenden Fall eines qua-  
20 dratischen Rasters sind die beiden charakteristischen linearen Dimensionen  $a$  gleich.

Bezüglich des Rauchgases 46 stromauf ist eine Schablone 72 aus einem metallischen Blech in Abstand über dem Wabenkatalysator 62 (Fig. 3) angeordnet. Aus dem Blech sind quadratische Löcher ausgestanzt, welche etwa dem Querschnitt der Durchflusskanäle 16 entsprechen. Diese Schablone 62 ist  
25 schlagfest und dient dem Klopfen, Rütteln oder Vibrieren. Der darunterliegende Wabenkatalysator 62 aus keramischem Material würde im Dauerbetrieb keiner dieser Bewegungen widerstehen und rasch abbröckeln.  
30

Aus Fig. 5 geht hervor, dass die Schablone 72 einer Dicke  $d$  vom Wabenkatalysator einen Abstand  $b$  hat. Beispielsweise  
35 beträgt die Dicke  $d$  etwa 2mm, der Abstand  $b$  etwa 5mm. In der industriellen Praxis besteht die Schablone 72 auch aus mehreren Lagen von gestanzten Blechstreifen, deren resultie-

render freier Querschnitt höchstens etwa dem Katalysator-Pitch entspricht. Der Abstand b liegt in diesem Fall bei 10 bis 100 cm.

## 5 Beispiel zum Betrieb einer Anlage

Das Stickstoffoxide enthaltende Rauchgas 46 wird zur SCR-Reinigung mit eingedüstem Ammoniak versetzt und in einen Reduktionskatalysator 14 eingeleitet. Dabei entsteht Stickstoff und Wasser. Es fallen keine anderen Oxide oder Rückstände an. Die dabei ablaufenden chemischen Reaktionen (1) und (2) sind in Fig. 2 dargestellt und beschrieben.

Nach der Einleitung in den Reduktionskatalysator 14 mit Waben 62 wird in einem ersten Schritt Ammoniak in den Mikroporen der Katalysatoroberfläche 70 gespeichert. Im Rauchgas 46 vorhandenes  $\text{NO}_x$  reagiert in den Mikroporen sofort mit dem gespeicherten Ammoniak. Der Katalysator bewirkt dabei, dass diese Reaktion schon ab  $200^\circ\text{C}$  einsetzt. Ohne Katalysator würde die Reaktion erst ab etwa  $650^\circ\text{C}$  einsetzen. Der Reduktionskatalysator 14 selbst besteht aus keramischem  $\text{TiO}_2$  als Trägermaterial und  $\text{V}_2\text{O}_5$  als reaktives Metalloxid.

Bei der Festlegung eines unteren Grenzwertes für die Arbeitstemperatur des Katalysators hat sich ergeben, dass sich mit Abnahme der Temperatur vermehrt Ammoniak-Schwefel- und Ammoniak-Chlorverbindungen bilden, welche die Aktivität des Katalysators vermindern. Beispiele für derartige Verbindungen sind Ammoniumsulfat, Ammoniumhydrogensulfat und Ammoniumchlorid. Aus diesen Gründen liegt der untere Grenzwert für die Eindüsung von Ammoniak bei etwa  $250^\circ\text{C}$ .

Die für die Reduktion notwendige Ammoniak-Menge wird aufgrund der im Roh- und Reingas gemessenen  $\text{NO}_x$ -Menge bestimmt und über die Leitung 20 in den Rauchgasstrom 46 eingedüst. Der Reduktionskatalysator 14 besitzt eine natürliche Speicherkapazität für das Ammoniak, so dass die  $\text{NO}_x$ -Schwan-

kungen im Rohgas aufgefangen werden können.

- Das für die katalytische Entstickung benötigte Ammoniak wird aus Sicherheitsgründen als Ammoniakwassergemisch (= Sal-  
miakgeist) in mit entsprechenden Sicherheitsvorrichtungen  
versehene Lagertanks vorgehalten. Das Gemisch wird entwe-  
der vorgängig der Eindüsung in den Rauchgasstrom in einem  
separaten Verdampfer oder nach der Eindüsung im Rauchgas-  
strom selbst verdampft.
- Die Reduktionsmitteleindüsung erfolgt über mehrere Düsen-  
lanzen oder -leisten 48, welche im Verbindungsrohr 18 des  
Ofens 12 und des Reduktionskatalysators 14 eingebaut sind.  
Durch das so entstehende Düsengitter wird eine gleichmässige  
Eindüsung des Reduktionsmittels gewährleistet. Das Rauchgas  
mit dem eingedüsten Reduktionsmittel kann nachfolgend über  
Mischeinrichtungen geleitet werden, um eine homogene Vermi-  
schung sicherzustellen.
- Die erfindungsgemässe Anlage zur Rauchgasreinigung kann in  
Erfüllung der Aufgabe wirtschaftlich und technisch effi-  
zient Schadstoffe ohne Anfall von Reststoffen beseitigen und  
ist besonders vorteilhaft in der Zementindustrie und artver-  
wandter Industrie einsetzbar.

### Patentansprüche

1. Anlage (10) zur Reinigung der Rauchgase eines Ofens (12), insbesondere eines Zement-Drehrohrofens, welche wenigstens einen Reduktionskatalysator (14) für gasförmige Schadstoffkomponenten und einen Staubabscheider umfasst,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Reduktionskatalysator (14) mit eingangsseitiger Reaktionsmitteleindüsung (20,48) unmittelbar nach dem Ofen (12), also vor der Entstaubung, angeordnet ist.

2. Anlage (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mit einem wabenförmigen Grundmuster ausgebildete Reduktionskatalysator (14) vergrößerte Durchflusskanäle (66) aufweist, welche vorzugsweise lineare Dimensionen (a) von wenigstens 5 mm, insbesondere 10 - 20 mm, haben.
3. Anlage (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Reduktionskatalysator (14) wenigstens eine modular aufgebaute katalytische Lage (16) aus wabenförmigem Keramikmaterial umfasst, wobei mehrere Lagen (16) vorzugsweise in Abstand angeordnet sind und wenigstens je eine Lage der Reduktion von  $\text{NO}_x$  einerseits und/oder CO und Kohlenwasserstoffen andererseits dient.
4. Anlage (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Keramikmaterial wenigstens oberflächlich eine poröse, vorzugsweise mikroporöse Struktur mit integrierter, katalytisch wirksamen Material aufweist.
5. Anlage (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch

gekennzeichnet, dass das in den Durchflusskanälen (66) katalytisch wirksame Material zur Reduktion von  $\text{NO}_x$  aus aktiven Metalloxiden, vorzugsweise aus selektiv wirksamem Vanadiumpentoxid besteht.

6. Anlage (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Anströmen von geeigneten Durchflusskanälen (66) des Reduktionskatalysators (14) von unten angeordnet sind.
7. Anlage (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflusskanäle (66) des Reduktionskatalysators (14) bezüglich der Vertikalen höchstens etwa  $45^\circ$  geneigt sind, jedoch vorzugsweise etwa vertikal verlaufen.
8. Anlage (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandquerschnitte (68) der Waben (62) des Reduktionskatalysators (14) stromauf durch wenigstens eine Schablone (72) abgeschirmt sind, welche vorzugsweise nicht direkt auf der Wabenstruktur aufliegt.
9. Anlage (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein auf die Abschirmschablone (72) einwirkender Klopff-, Rüttel- oder Vibrationsmechanismus ausgebildet ist.
10. Anlage (10) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirmschablone (72) aus wenigstens einem etwa entsprechend der Wabenstruktur perforierten Metallblech oder entsprechenden Blechstreifen besteht.



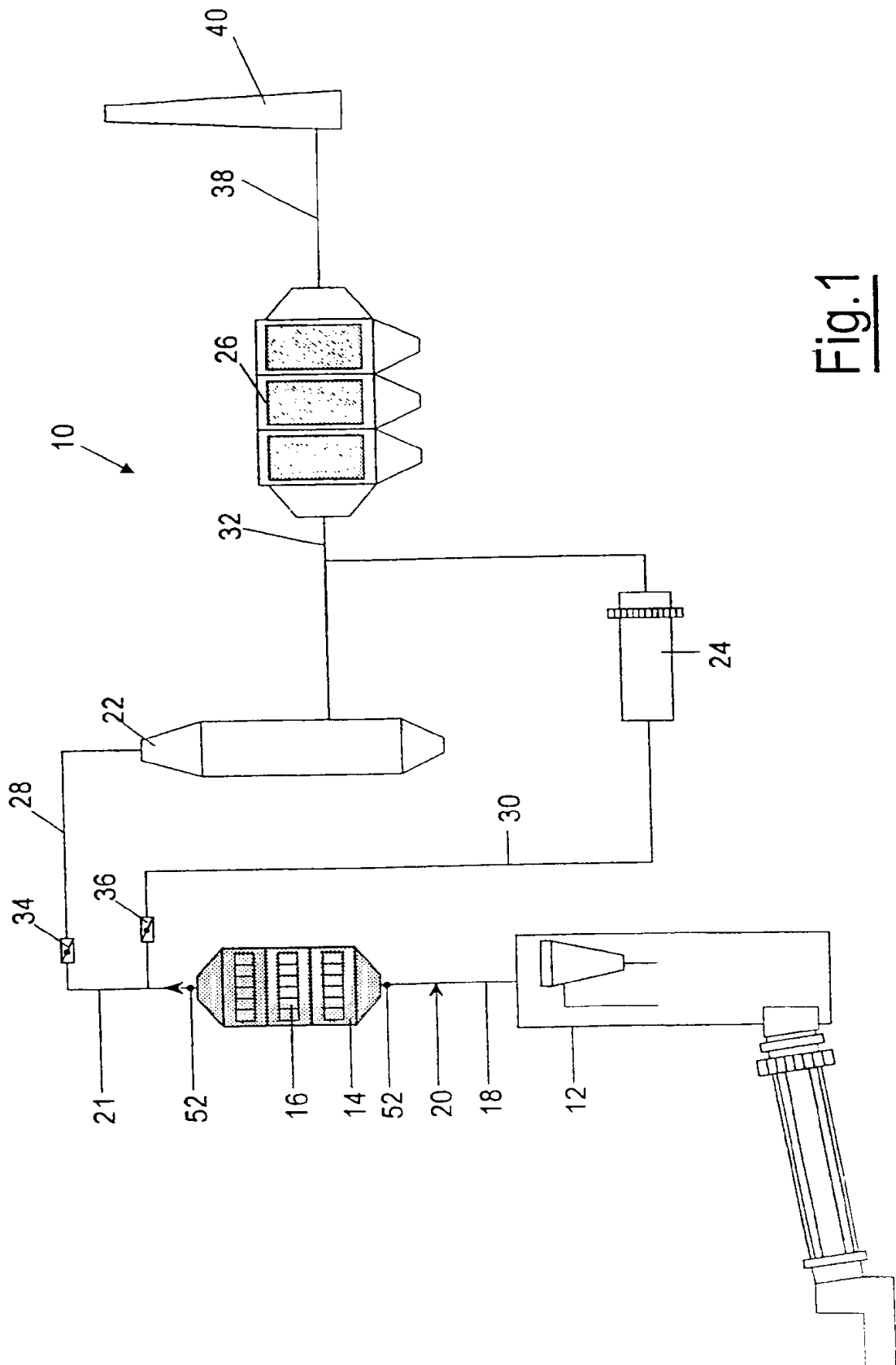


Fig.1

2/3

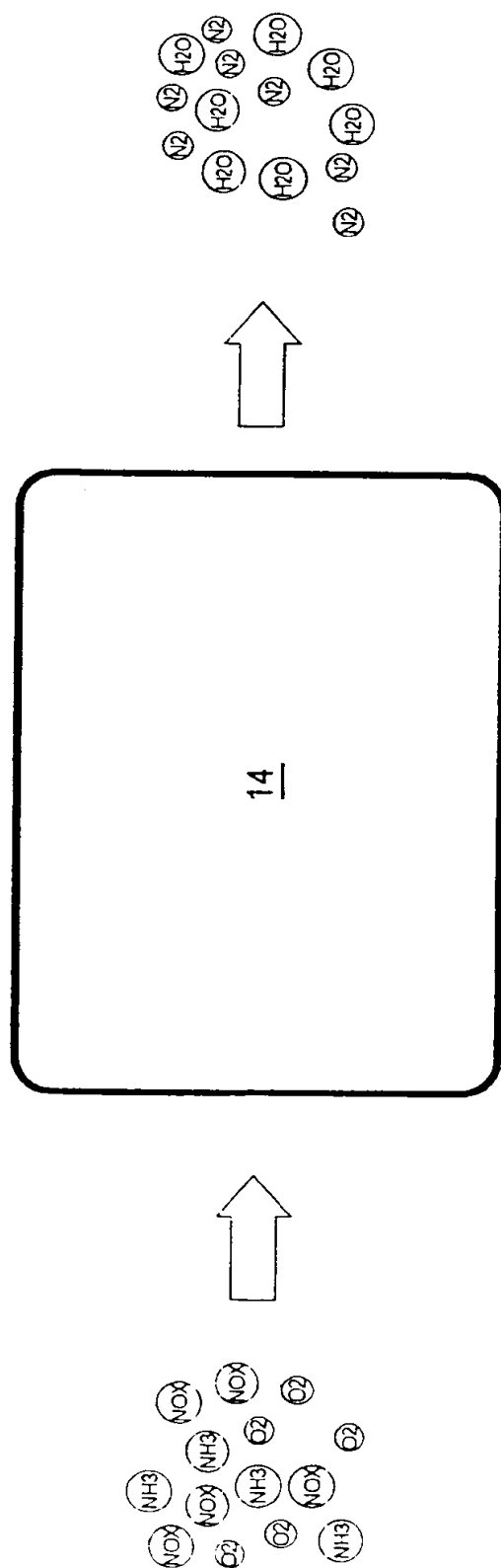


Fig. 2

3/3

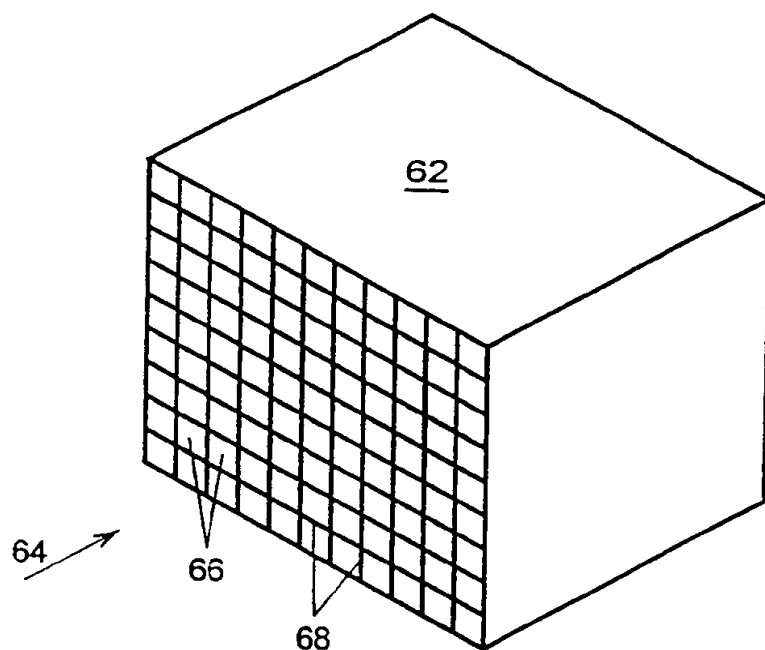


Fig. 3

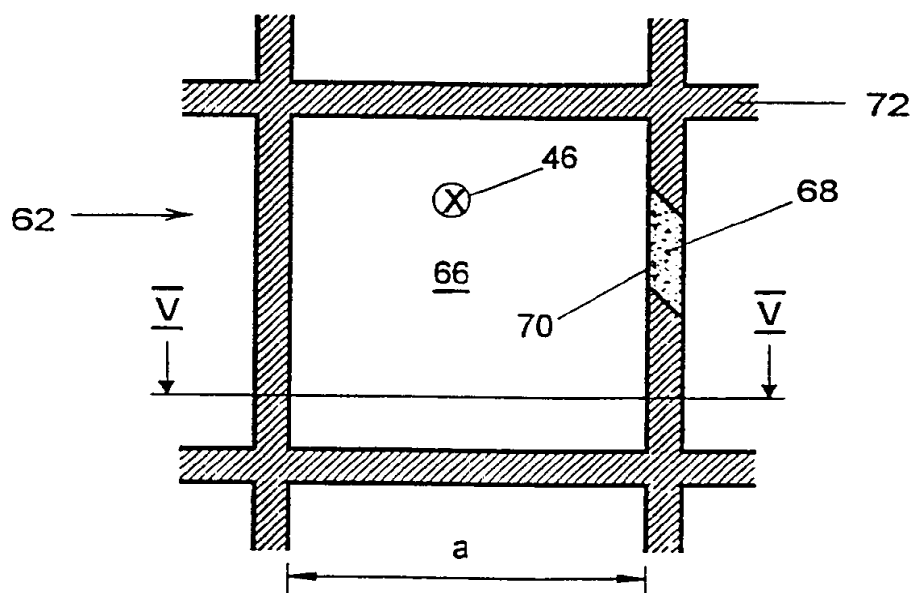


Fig. 4

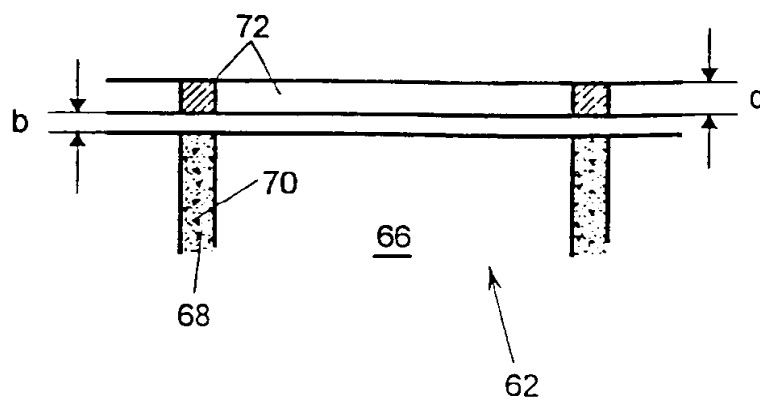


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/CH 96/00266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 B01D53/86

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 519 225 (KRUPP POLYSIUS AG) 23 December 1992 see claims 1-17 -----	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 October 1996

Date of mailing of the international search report

10. 10. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Fouquier, J-P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In ternational Application No

PCT/CH 96/00266

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-519225	23-12-92	DE-A- 4120277	24-12-92
		AT-T- 134159	15-02-96
		DE-D- 59205334	28-03-96
		ES-T- 2083021	01-04-96
		US-A- 5264013	23-11-93
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 96/00266

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 B01D53/86

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 B01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 519 225 (KRUPP POLYSIUS AG) 23.Dezember 1992 siehe Ansprüche 1-17 -----	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Oktober 1996

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10. 10. 96

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fouquier, J-P

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

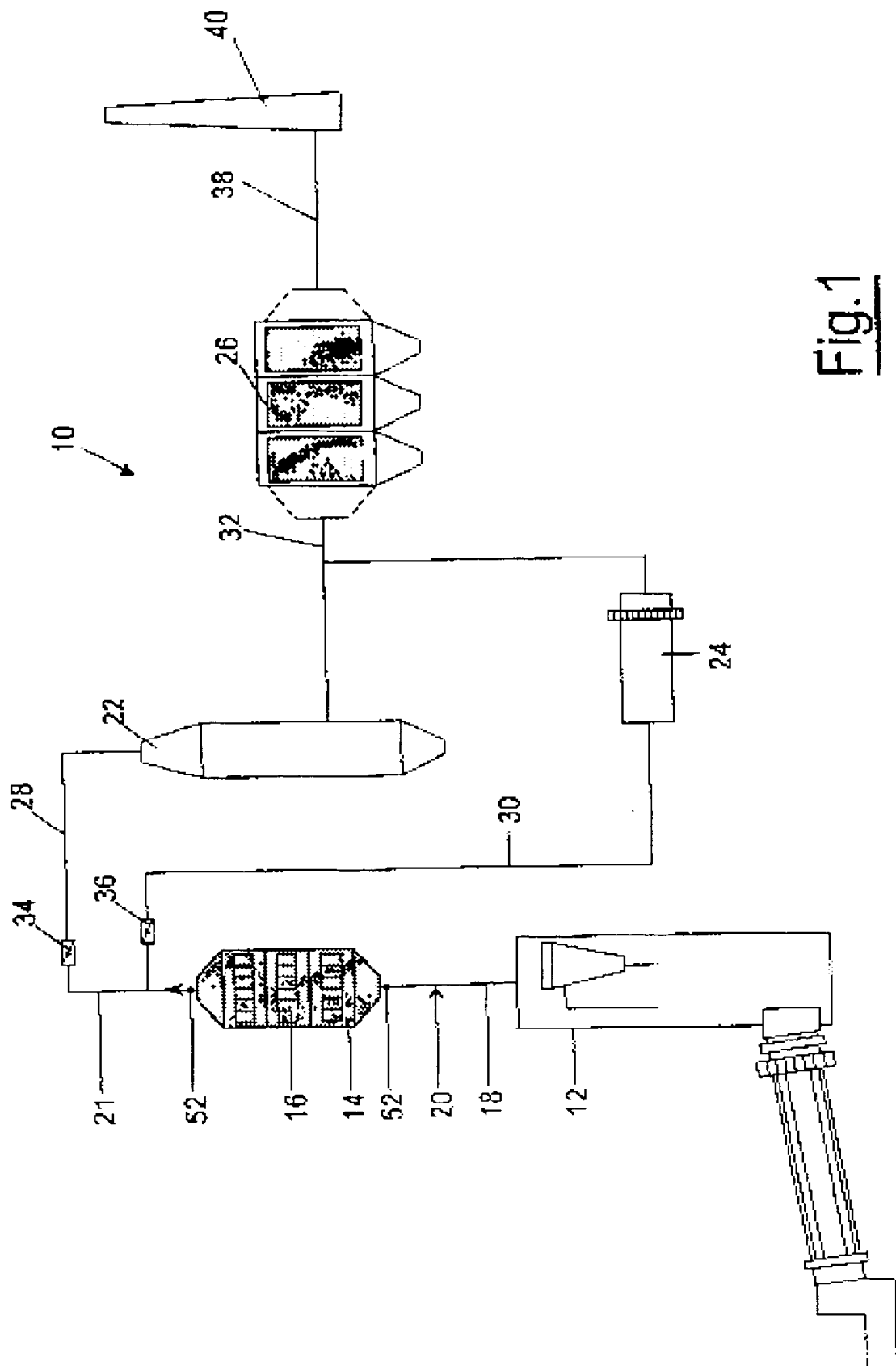
In nationales Aktenzeichen

PCT/CH 96/00266

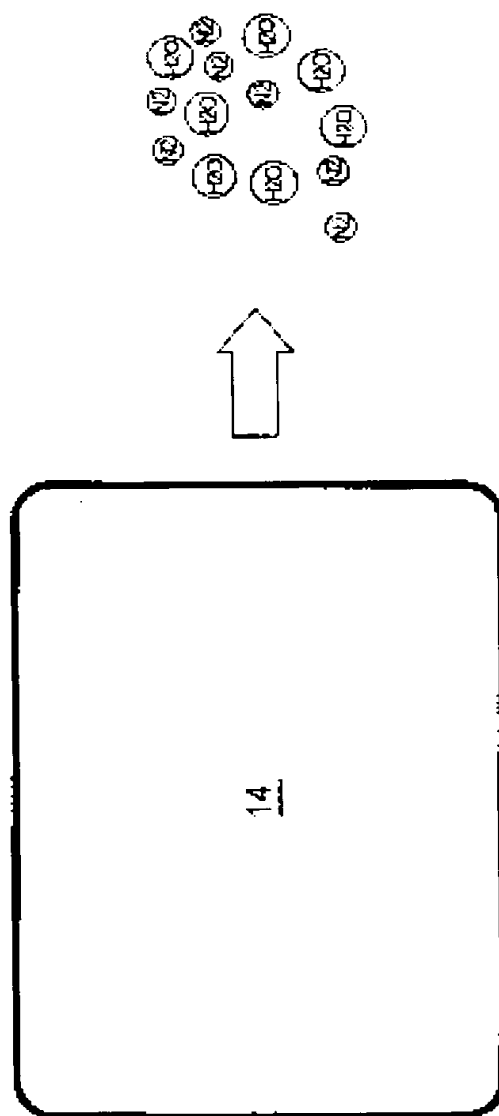
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-519225	23-12-92	DE-A- 4120277	24-12-92
		AT-T- 134159	15-02-96
		DE-D- 59205334	28-03-96
		ES-T- 2083021	01-04-96
		US-A- 5264013	23-11-93
-----			







2/3



14

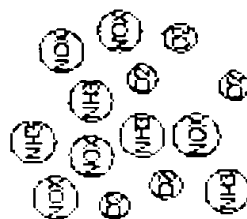


Fig.2

3/3

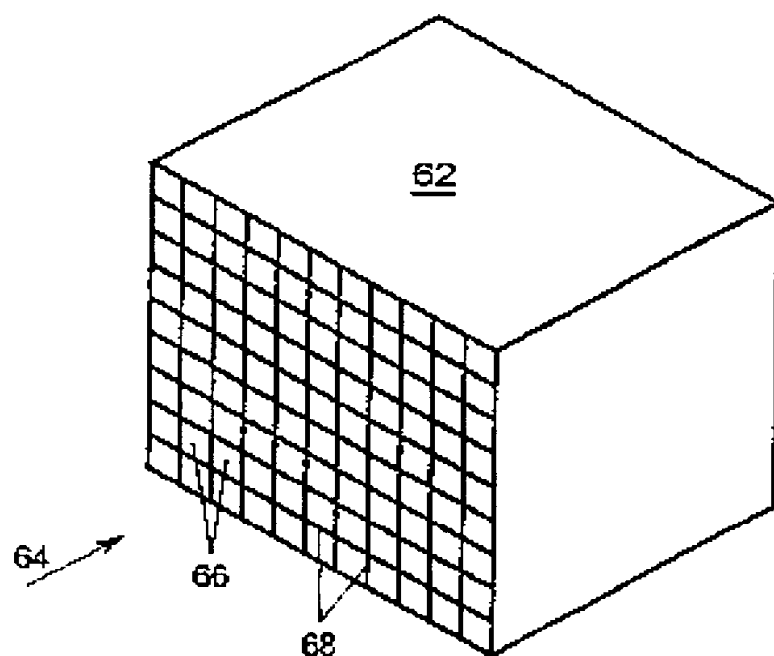


Fig. 3

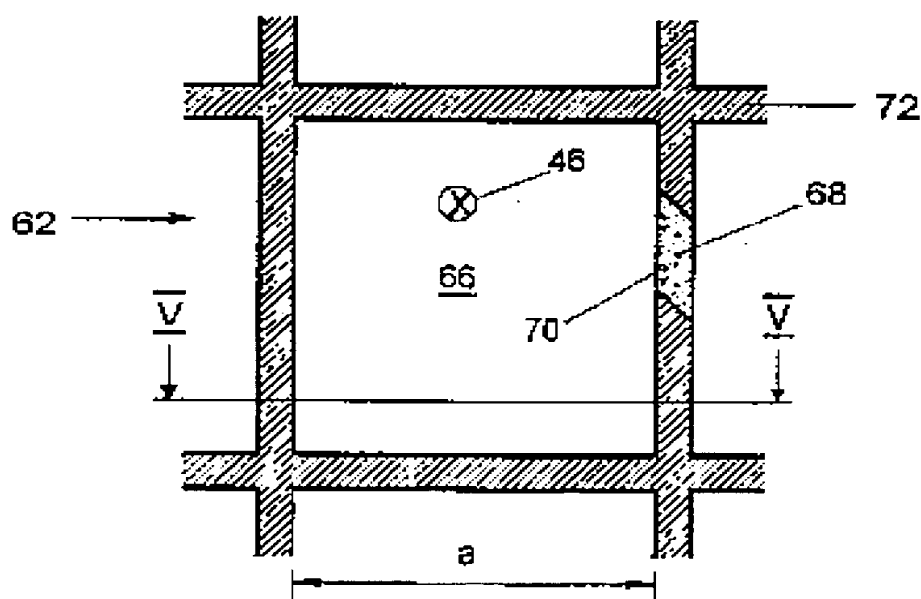


Fig. 4

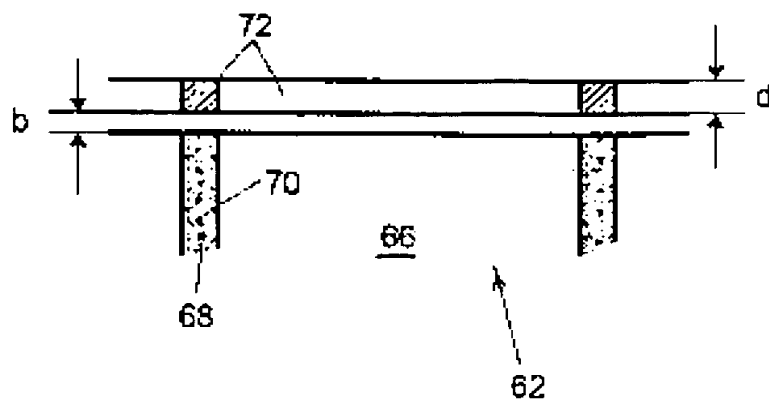


Fig. 5

